ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
Том 46 1925

Законы остаточных деформаций.

Инж.-мех. Г. В. Трапезников.

1. Сжатие.
(К тексту 4 стр. чертежей).

Производя работу с ударной пробой на сжатие, и обрабатывая результаты опытов, я, при выводе аналитической зависимости между отдельными элементами входящими в состав явления удара, был принужден остановиться на одной из const., появившейся в окончательной формуле связи. Самый характер этой постоянной указывал на то, что она является характеристикой металла. Это побудило меня произвести небольшую серию опытов на пластическое сжатие, тех же металлов, при статической нагрузке, дабы выяснить значение указанной постоянной. Результаты получились на столько удовлетворительные, что оказалось возможным найти не только значение этой const., но, кроме того, дать аналитическую связь между усилиями с одной стороны и деформациями, вызванными ими – с другой. Последнее вызвало необходимость расширение работы, чтобы на возможно большем числе отдельных металлов проверить полученные зависимости. Эта работа, произведенная мною в механической лаборатории Томского Технологического Института, летом 1922 г., и составляет предмет настоящей статьи, которая является только, весьма кратким, отчетом о работе.

Полученные результаты опытов на пластическое сжатие заставили меня обратиться к литературе по этому вопросу, в надежде получить подтверждении в опытах, которые могли быть произведены другими экспериментаторами. К сожалению, ни в отдельных трудах, ни в журнальной литературе не было найдено ничего, что бы могло осветить данный вопрос. В работах по сопротивлению материалов и в солидных курсах говорится, мимоходом, о зависимости между усилиями и деформациями, за пределом упругости. Большинство авторов говорят, что аналитическая зависимость при растяжении и сжатии, за пределом упругости, имеет, вероятно, очень сложный характер, но кривую пластических деформаций можно, довольно точно, выразить в виде:

$$\lambda = A + BP + CP^2 + DP^3 + ...$$

где λ – абсолютная деформация, и P – усилие, ей соответствующее. Иначе говоря, многостепенной параболой, причем коэффициенты: A, B, C, D, etc, должны быть подобраны для каждого образца отдельно.

Некоторые авторы, для вычисления работы остаточных деформаций при растяжении какого-либо образца, предлагают замену кривой остаточных деформаций участком простой квадратичной параболы. Эта замена встречается у Tetmajer'a, Jonson'a, Morley'a, Madamet, Тимошенко и др.

Согласно чертежа 1, мы видим, что предполагается равновеликость площадей: диаграммы полученной на испытательной машине, с одной стороны и, с другой: суммы площадей – параболического сегмента, с высотой $CH - HH^1$ и основанием – $AH^1 = OH$ + прямоугольника OAH^1H. Таким образом, работа затрачиваемая на остаточную деформацию образца, при пренебрежении работой упругой деформации, будет пропорциональна площади:

$$S = OH \cdot OA + \frac{2}{3} O H (CH - HH^1).$$

Называя усилие при пределе упругости – P_0, усилие разрывающее образец – P_1, наибольшее абсолютное удлинение λ_1 будем иметь выражение для работы остаточных деформаций:

$$E = P_0\lambda_1 + \frac{2}{3}\lambda_0(P_1 - P_0) = \frac{\lambda_1}{3}(2P_1 - P_0)$$

Что же касается работы остаточных деформаций при сжатии, то, даже подобной замены, я нигде не встретил. Правда у Unwin'a и Mor1ey'я (Strength of Materials) имеется диаграмма пластического сжатия для некоторых металлов. Последняя приведена на чертеже 2 и представляет из себя точную выкопировку из труда Unwin'a. Здесь имеется указание на тенденцию кривых пластического сжатия приблизиться к некоторым гиперболам. Но как видно из довольно точной копии такой диаграммы эта тенденция весьма и весьма проблематична. В указанном труде не дается никаких сведений или намеков на константы таких гипербол.

При изучении остаточных деформаций сжатия экспериментатор должен обратит свое внимание на три основных вопроса:

1) влияние изменения температуры;
2) влияние трения на торцевых плоскостях образцов;
3) влияние времени опыта (промежутка).

1. Влияние изменения температуры, при тех. малых колебаниях ее, которые имели место в летние месяцы в механической лаборатории (14° – 16°), непосредственно не освещаемой солнцем в полуденное время, конечно ничтожно. Известно, что для всех, химически чистых металлов, Модуль Юнга, предел упругости и временное сопротивление падают с повышением температуры и растут с понижением ее. (Meyer. Phil. Mag. 1896. v. 41, v. 32 и Dewar. Proc. of. the R. J. of. 9.13 v 14). Но эти изменения, при указанных пределах колебания температуры во время опытов, конечно, лежат внутри пределов ошибок наблюдений. Что же касается нагревания образца от всестороннего сжатия, которое имеет место при долевом сжатии и от трения отдельных частиц металла друг о друга при расплющивании образца, то нужно заметить, что хотя здесь изменение температуры самого образца и будет заметным, но принимать его в расчет так же нельзя; небольшие сравнительно образцы, которые берутся для опытов на пластическое сжатие весьма быстро, почти мгновенно, выравнивают свою температуру, с одной стороны – ввиду большого отношения поверхности к объему, а с другой – ввиду чрезвычайно тесному соприкосновению с опорными, очень массивными, плитками и солидным столом испытательной машины.
2. Влияние опорных, поверхностей является самым значительным из указанных выше факторов, влияющих на ход пластических деформаций. Силы трения, возникающие на торцах образца, прижимающихся к стальным, хотя и весьма тщательно шлифованным плиткам, в значительной мере искажают ход пластических деформаций сжатия. При наличии поверхностных сил трения на торцах, деформация сжатия уменьшается тем более, чем менее будет отношение высоты образца к его диаметру. Для учета этого обстоятельства необходимо было поставить опыты с образцами, имевшими различные отношения высот к диаметрам. Таким образом, если сила трения и не может быть определена, то возможно найти то отношение, высоты образца к диаметру: при котором этой силой возможно пренебречь или выявить, путем экстраполяции, ход деформации в его идеальном случае, т. е. при отсутствии сил трения на торцах образца.
3. Влияние времени на возрастание остаточных деформаций, является весьма серьезным вопросом, который нельзя обойти без рассмотрения при экспериментировании за пределом упругости. Функциональный состав зависимости роста остаточных деформаций от времени чрезвычайно сложен и, кроме того, нельзя сказать, что здесь установлена надежная аналитическая связь. Профессор H. Bouasse, много лет поработавший над изучением пластических деформаций и желавший связать, в общей функции от времени, напряжение и деформацию, пришел к неутешительным результатам. Он говорит: "Когда начинают изучать некоторую группу явлений, велик соблазн найти общую теорию, общее объяснение. Лишь мало помалу заметаешь тщетность таких усилий и решаешься, на более или менее долгое время, разбить явление на подгруппы и давать им частичное объяснение". Поэтому он делит все металлы на две категории, которые, однако, являются лишь типами, допускающими промежуточных представителей, а именно: металлы с твердым трением (métaux àfrottement solide) и металлы вязкие (métaux visqueux). Безнадежность, которая звучит в словах Буасса, понятна: явление остаточной деформации слишком сложно для изучения во всей полноте одновременно. Необходимо поставить сначала опыты таким образом, чтобы влияние времени, в смысле сравнения остаточных деформаций для различных металлов, было, по возможности, ничтожно. Как известно, деформация отстает но времени от усилия, которое ее вызывает и закон такого отставания или запаздывания чрезвычайно трудно проследить, так как это запаздывание, равно как и сама деформация – функции скорости нарастания усилия во времени. Некоторой аналогией изменения во времени остаточной деформации и ее, так сказать, "сдвига" во времени по отношению к силе, может служить кривая возрастания и падения силы тока в зависимости от возрастания и падения потенциала. Указанная аналогия взята, равно как и кривая, из статьи профессора Б. П. Вейнберга: "Успехи физики твердого тела". На чертеже 3 кривая "v" изображает изменение потенциала во времени кривая "i" – изменение силы тока.

ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 63 1945

О НОВОЙ МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

СМИРЕНСКИЙ В.Н.
Доцент, кандидат технических наук

Введение

Чем современнее оборудование котельной, тем все более затруднительной становится борьба за каждую долю процента экономии топлива. Это вполне понятно. Если на некоторых старых установках часто представляется возможным легко обнаружить часть причин, ведущих к перерасходу топлива, совершенно не прибегая к каким-либо исследованиям работы установки, то на более современных установках такие очевидные причины перерасходов топлива, как правило, отсутствуют. Но они могут здесь иметь место в скрытом виде, и для обнаружения их приходится прибегать к организации тщательных теплотехнических исследований котельной установки.

Анализ результатов подобного исследования позволяет наметить пути устранения отдельных недостатков в работе установки. Вместе с тем результаты исследования могут дать весьма ценный материал для работы эксплуатационному персоналу и для нового проектирования установок.

Однако существующие методы теплотехнических исследований работы котельных установок недостаточно совершенны, что объясняется целым рядом трудностей при разрешении большого числа вопросов, связанных с исследованием установки. Но все более и более усложняющаяся борьба за экономию каждой доли процента в. расходовании топлива, усложняющаяся вместе с совершенствованием техники, настойчиво требует и более глубокого исследования работы установок. Вполне понятным становится, поэтому появление в последнее время ряда работ по методике исследования котельных установок, как отдельных лиц, так и целых организаций, непосредственно заинтересованных в решении данных вопросов.

О надежности некоторых методов основных замеров при испытании котельных установок

Рассмотрим некоторые основные замеры и наблюдения при испытании котельной установки, точность которых остается весьма сомнительной. Для определения механической неполноты горения во время самого опыта необходимо определение количества и качества очаговых остатков и уноса. Отбор средней пробы и замер количества провала (при слоевом процессе) не представляет особых затруднений. Тщательное соблюдение правил по отбору средней пробы провала обычно, дает уверенность в получении надежных данных о количестве горючих в нем. Отбор средней пробы шлаков для технического анализа их представляет уже известные затруднения.

ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 69 1952

К ВОПРОСУ О ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ЗОЛОВОГО ИЗНОСА В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

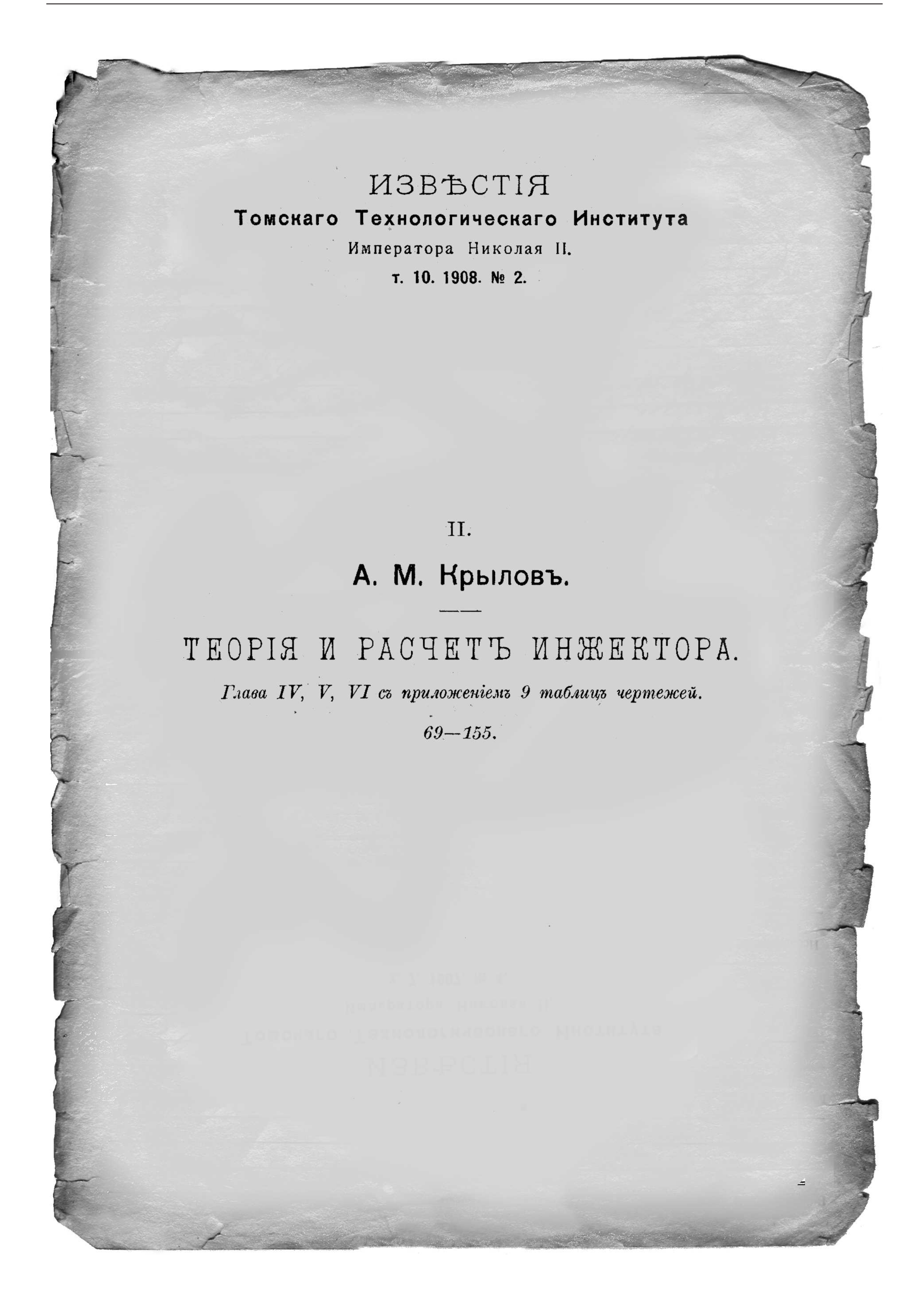
И.К. ЛЕБЕДЕВ

Природа эолового износа, как и абразивного износа, вообще, изучена в настоящее время слабо, поэтому в современной литературе можно встретить иногда неясные и неопределенные толкования этого явления, не вскрывающие его физической сущности. Так, например, научный сотрудник ВТИ Локшин В.А. по вопросу о природе эолового износа поверхностей нагрева котельных агрегатов пишет: "Износ труб летучей золой происходит за счет сил, возникающих при ударе частиц о поверхность металла. Изнашиваемая поверхность имеет отшлифованный вид, бугриста, но не имеет царапин". [5]. Научный сотрудник ЦКТИ Сыркин в отношении эолового износа трубчатых поверхностей, каковыми являются поверхности нагрева котельных агрегатов, пишет: "Прежде всего, отметим ударный механизм разрушения стенок труб в процессе эолового износа. Разрушение происходит в основном вследствие ударов твердых частиц золы, что доказывается как наблюдениями изношенной поверхности под микроскопом (чередующиеся выступы и впадины без продолговатых царапин), так и специальными лабораторными опытами. Следовательно, закономерности процесса скользящего износа или износа трения не применимы к данному случаю [7].

Член-корреспондент Академии Наук СССР проф. Кузнецов В.Д. в отношении природы абразивного износа, каковым, конечно, является и золовой износ, пишет: "Механизм износа в абразивной среде, несмотря на его кажущуюся сложность, мне представляется принципиально довольно простым. Процесс абразивного износа сводится к сумме большого числа элементарных процессов царапания. Между явлениями простого царапания и абразивным износом должна существовать глубокая связь" [4, стр. 234].

Из рассмотрения вышеприведенных формулировок выясняются две противоположных точки зрения на природу эолового износа. Если из второй части формулировки Локшина можно, лишь догадываться о неприменимости закономерностей износа, связанного с трением, к эоловому износу котельных установок, то Сыркин ясно отрицает это. Проф. Кузнецов В.Д. прямо связывает процесс абразивного износа с процессом элементарных царапании, происходящих при трении абразивных частиц об изнашиваемую поверхность. Попутно заметим, что формулировки Локшина и Сыркипа очень неопределенны и неясны. Они указывают на природу возникновения сил между абразивными частицами и изнашиваемой поверхностью и совершенно не разъясняют механизма износа, отрицая лишь закономерности "скользящего" износа.

На основании многочисленных наблюдений за эоловым износом при эксплуатации котельных установок мы приходим к выводу о том, что определение природы абразивного износа, данное проф. Кузнецовым В. Д., является правильным и для случаев эолового износа.



ИЗВѢСТІЯ
Томскаго Технологическаго Института
Императора Николая II.
т. 10. 1908. № 2.

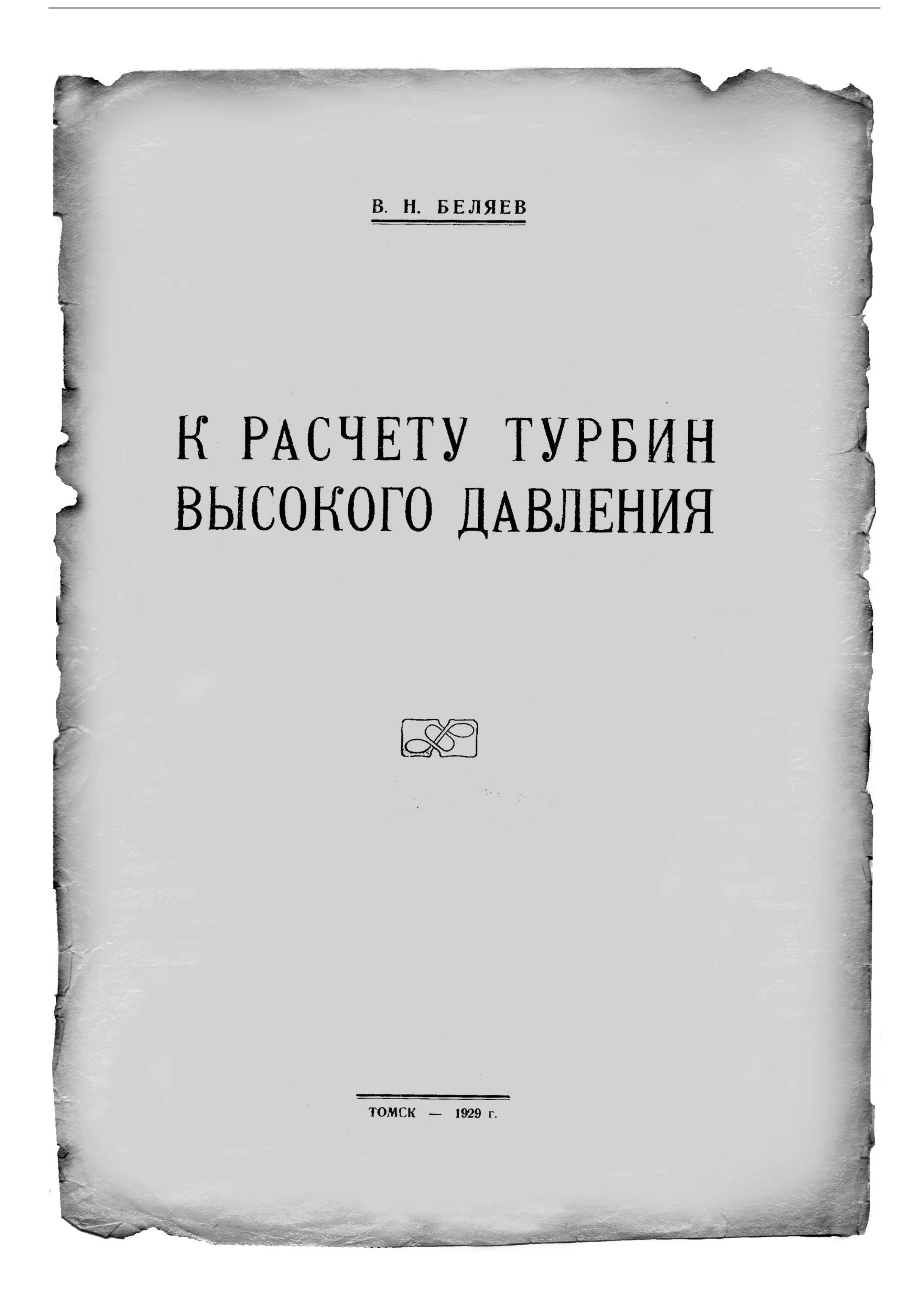
II.

А. М. Крыловъ.

ТЕОРІЯ И РАСЧЕТЪ ИНЖЕКТОРА.

Глава IV, V, VI съ приложеніемъ 9 таблицъ чертежей.

69—155.



В. Н. БЕЛЯЕВ

К РАСЧЕТУ ТУРБИН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

ТОМСК — 1929 г.

ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 66 1948

О ПРИМЕНЕНИИ УСКОРИТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧЕ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

А. А. ВОРОБЬЕВ

В последнее время достигнуты большие успехи в области теории, конструирования и изготовления ускорителей заряженных частиц. Уже построены синхро-циклотрон на 300 mev, бетатрон на 180 mev; строятся линейные синхронные ускорители для ускорения ионов и электронов до энергий несколько десятков мегаэлектронвольт. Проектируются установки для ускорения заряженных частиц до миллиарда электронвольт. Достигнуты значительные успехи в выводе ускоренных частиц из камер ускорителей. КПД установок, хотя еще и очень мал, но быстро увеличивается.

В ускорителе мы имеем дело с прямым током ускоренных частиц. В этом смысле ускоритель можно рассматривать как своего рода источник прямого тока. Такую машину можно предложить для целей электропередачи на высоком постоянном напряжении, например, последующей схеме: заряженные быстрые частицы из ускорителя подаются на некоторый проводник, заряжая его до высокого потенциала. Располагая источником ускоренных частиц значительной мощности, поддерживают неизменным этот высокий постоянный потенциал. В самом деле, заряжая тело, затрачивают энергию. Эту энергию можно подсчитать, если представить себе, что заряд подводится постепенно небольшими порциями; тогда каждая вновь подводимая порция электричества испытывает силу отталкивания от одноименного заряда, сообщенного уже ранее телу. Приближая заряд к телу, и преодолевая действие этой силы, необходимо приложить, по крайней мере, равную ей, которая на пути к поверхности заряженного тела и произведет некоторую работу, увеличив запас энергии заряженного проводника. Таким образом, можно будет заряжать проводник до потенциала соответствующего энергии ускоренных частиц. Присоединяя этот проводник к линии передачи, можно осуществить передачу постоянным током высокого напряжения.

Вообще возможны и другие схемы использования быстрых частиц для целей электропередачи. Например, под действием пучка быстрых частиц, бомбардирующих некий препарат, возникает ядерный процесс распада с выходом быстрых электронов. Эти электроны также направляются на изолированный проводник и заряжают его до высокого напряжения или могут быть использованы для того, чтобы вызвать вторичный ядерный процесс в другом препарате, идущий под действием более быстрых частиц с большим выходом.

ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 87 1957

ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЖЕСТКИХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ ДЛЯ ПРОСВЕЧИВАНИЯ И ВЫБОР ДИАПАЗОНА ЭНЕРГИИ ЭТИХ ЛУЧЕЙ

А.А. ВОРОБЬЕВ, Е.К. ЗАВАДОВСКАЯ

Просвечивая изделия с помощью рентгеновских лучей, можно наблюдать на флуоресцирующем экране и фотопластинке его внутреннее устройство и скрытые дефекты материала. Такое определение дефектов в изделии и материале представляет большую ценность, так как оно не сопровождается разрушением или каким-либо другим нарушением испытуемого объекта.

В настоящее время принято считать, что среди всех методов не разрушающих испытаний материалов (электромагнитные методы, акустические и другие) просвечивание с помощью рентгеновских лучей является наиболее важным и больше всего дающим методом.

Вначале развитие техники получения рентгеновских лучей происходило очень медленно. До 1913 г. для получения рентгеновских лучей служила ионная трубка с холодным катодом. Большое значение сыграла разработка в 1913 г. промышленного образца рентгеновской трубки с накаливаемым катодом (Кулидж, Лилиенфельд). Эта трубка позволяла легко контролировать количество и качество испускаемого ей рентгеновского излучения. В 1920 году была сконструирована подвижная рентгеновская установка (GE. E.). В 1923 г. была построена защищенная рентгеновская трубка (Филиппс). В 1928 г. была создана экранированная трубка, сохранившаяся в основных чертах до настоящего времени.

В качестве источника высокого напряжения в рентгеновских установках до 1911 г. служил индуктор. Позднее он стал вытесняться трансформатором с замкнутым сердечником. В 1938 г. появились установки с каскадными генераторами на 600 *кв* и выше, резонансным трансформатором, электростатическими генераторами с движущимися лентами и после 1941 г. ускорительные установки (бетатрон, синхротрон, линейный ускоритель, микротрон).

В 1937 г. А.А. Воробьев разработал основные схемы импульсной рентгенографии. В настоящее время импульсная рентгенография с успехом применяется для изучения кратковременных процессов, протекающих с большой скоростью. Экономические и технические преимущества импульсной рентгенографии позволяют этот способ применять к решению обычных задач.

В связи с широким применением рентгеновских лучей для дефектоскопии существенное значение имеет правильный выбор величины их энергии.

В настоящее время одной из главнейших областей применения рентгеновских лучей является авиационная промышленность, использующая материалы, слабо поглощающие рентгеновские лучи (цветные металлы и сплавы, пластмассы и пр.). В этой области достаточно будет установок рабочим напряжением 100-500 *кв*. Улучшение установок будет идти по линии увеличения их подвижности, компактности, увеличения интенсивности излучения, улучшения эксплуатационных качеств и отделки и проч.

В тяжелом машиностроении для просвечивания изделий из материалов сильнопоглощающих рентгеновские лучи приходится применять установки все более высокого рабочего напряжения и увеличенной интенсивности.